

Dokumentation AppBBB

Ein Energiesystemmodell der Region Brandenburg-Berlin auf
Basis des Frameworks oemof



Berlin, November 2016

Inhalt

Einleitung.....	2
Modell	2
Aufbau des Energiesystems.....	2
Nebenbedingungen	3
Eingangsdaten.....	4
Annahmen und Datenvorverarbeitung.....	4
Verbrauchsdaten	4
Kraftwerkskapazitäten.....	5
Verkehr.....	6
Werte für das Basisszenario „ES2030“	6
Quellen	9

Einleitung

Diese Dokumentation beschäftigt sich mit der App Brandenburg-Berlin (AppBBB), die der Studie „Untersuchungen zur Energiestrategie Brandenburgs“ des Reiner Lemoine Instituts im Auftrag der Grünen-Fraktion im Brandenburger Landtag [RLI 2016] zugrunde liegt. Dieses Modell zur Berechnung des Energiesystems Brandenburg-Berlin basiert auf dem open-source-Energiesystemframework „oemof“¹. oemof ist eine offene und gemeinschaftlich getragene Energiesystem-Modellierungs-Bibliothek, die es erlaubt verschiedenste Energiesysteme unter Verwendung modularer Bausteine abzubilden. Sämtliche Codes sind einsehbar unter <https://github.com/oemof>. Auch die AppBBB (<https://github.com/rl-institut/appBBB>) sowie alle Eingangsdaten können im Internet eingesehen werden. Dieser Ansatz wurde gewählt, um eine möglichst hohe Transparenz bei den Untersuchungen zu erzielen.

Die App BBB läuft unter der oemof-Version 0.0.9, diese kann abgerufen werden über <https://github.com/oemof/oemof/releases/tag/v0.0.9>.

Auf der OpenEnergy Plattform² finden sich kurze Factsheets zum Framework, dem Modell sowie den Szenarien in englischer Sprache. Außerdem sind die Eingangsdaten in der integrierten Datenbank hinterlegt.

Modell

Aufbau des Energiesystems

Das Modell bilanziert auf Ebene der fünf regionalen Planungsgemeinschaften Brandenburgs. Berlin wird als sechste Region berücksichtigt. Dabei wird jeweils ein Bilanzraum für Strom, Fernwärme und dezentrale Wärmeversorgung betrachtet. Die dezentrale Wärmeversorgung wird außerdem nach Haushalten, GHD sowie Industrie unterschieden. Elektromobilität wird in Form eines Stromlastgangs berücksichtigt.

Die Strombilanzräume sind untereinander durch Übertragungskapazitäten verbunden. Die entsprechenden Übertragungskapazitäten werden der Studie [RLI 2012] entnommen. Die Übertragungskapazitäten, die für Im- und Export in andere Bundesländer genutzt werden können, werden analog der Studie [RLI 2013] angesetzt. Außerdem wird die Übertragungskapazität zwischen Brandenburg und Polen berücksichtigt.

Abbildung 2 zeigt die Regionen sowie die angenommen Übertragungsleistungen.

¹ Mehr Informationen: <http://wiki.openmod-initiative.org/wiki/Oemof>

² <http://193.175.187.164/>

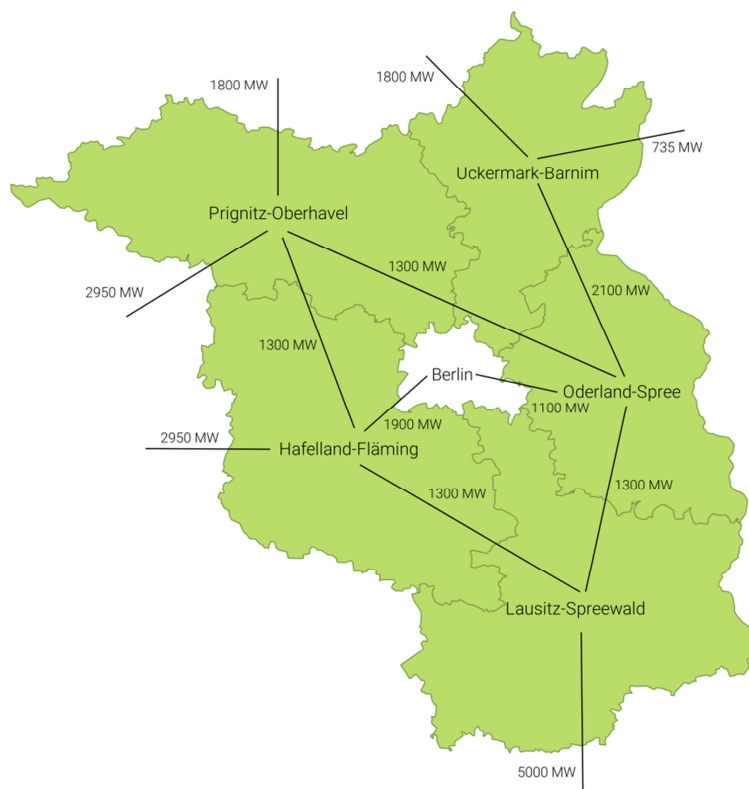


Abbildung 1: Regionen und Übertragungskapazitäten

Zur Deckung der Strom- und Wärmelasten stehen entsprechend den Eingangsdaten fossile und erneuerbare Energieerzeugungskapazitäten zur Verfügung. Der jeweilige Einsatz der Kraftwerke wird auf minimale Kosten optimiert.

Nebenbedingungen

Entsprechend den Zielen der Energiestrategie 2030 [MWE 2012] werden die gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen Brandenburgs auf einen maximalen Wert begrenzt.

Ebenso entsprechend den Zielen der ES2030 wird eine Export-Bedingung eingeführt, nach der ein Minimum an Energie exportiert werden muss.

Export von Strom nach Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen in Zeiten großer Windeinspeisung ($> 90 \% P_{\text{nenn}}$) wird verhindert, da davon auszugehen ist, dass in den angrenzenden Bundesländern zur gleichen Zeit ebenfalls große Mengen Windstrom produziert werden.

Eingangsdaten

Die wichtigsten Eingangsdaten, die direkt aus der open energy database³ (oedb) ausgelesen und im Programm für die Berechnungen verwendet werden, sind :

- Die Strombedarfe (HH, GHD, IND, Elektromobilität) in MWh
- Die Wärmebedarfe (Fernwärme, dezentrale Systeme) in MWh
- Parameter: Kosten, Wirkungsgrade, spezifische CO₂-Emissionen
- Kraftwerkskapazitäten
- Übertragungskapazitäten

Weiterhin werden frei verfügbare Daten wie der coastDat-Wetterdatensatz [Geyer 2013] verwendet.

Annahmen und Datenvorverarbeitung

Verbrauchsdaten

Es liegen Daten der Regionalen Planungsgemeinschaften zum Energieverbrauch 2010 vor, die nur zum internen Gebrauch freigegeben wurden und deshalb nicht veröffentlicht werden. In Summe decken sich diese Verbräuche nicht mit den Werten für ganz Brandenburg aus dem 6. Monitoringbericht zur Energiestrategie [MWE 2016]. Deshalb wurden die Daten skaliert so dass sich in Summe eine Übereinstimmung mit der Energiestrategie und dem Monitoringbericht ergibt. Aus dem Monitoringbericht werden übernommen: Der Endenergiebedarf Wärme und Verkehr (2007), der Zielwert im Bereich Verkehr für 2030 sowie die Gesamtendenergiebedarfe 2007 und 2030. Der Zielwert im Wärmebereich wird mit der angestrebten Einsparung von 34 % aus der Energiestrategie berechnet. (Bei der Skalierung wird die Annahme berücksichtigt, dass in den Sektoren HH und GHD je 20% eingespart werden und der Rest im Sektor Industrie; vgl. [MWE 2012 S. 39]). Der Endenergiebedarf Strom ergibt sich dann als Differenzbetrag aus Gesamtendenergiebedarf, Wärme und Verkehr. Bei dieser Berechnung ergibt sich eine Endenergieeinsparung im Stromsektor von 6 %, was etwas unter den angestrebten 9 % der ES 2030 liegt. Abbildung 2 zeigt die resultierenden Strom- und Wärmebedarfe der regionalen Planungsgemeinschaften für 2030.

³ http://193.175.187.164/dataedit/view/model_draft (Schema model_draft: alle Tabellen mit „abbb“ im Namen)

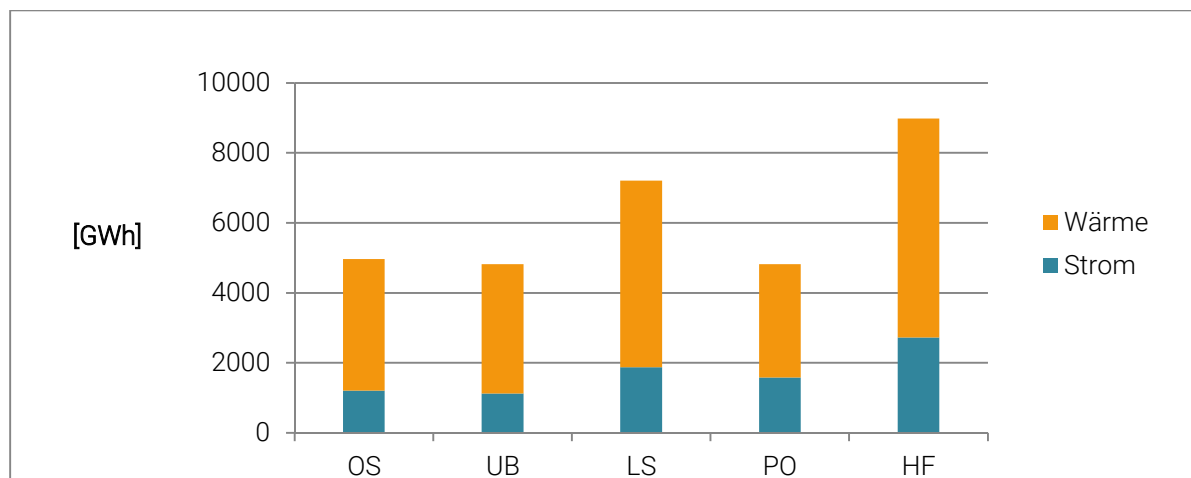


Abbildung 2: Endenergieverbrauch Szenario ES2030

Für die Heizungssysteme (Deckung des dezentralen Wärmebedarfs) werden zunächst von den ermittelten Wärmebedarfen die jeweiligen Anteile für Solarthermie, Wärmepumpen und Biomasse abgezogen. Die Zielwerte für Solarthermie und Wärmepumpen aus der ES 2030 werden dabei den Haushalten zugerechnet.

Die Biomassebedarfe der Sektoren HH, GHD, Industrie und Kraftwerke werden zunächst auf Basis der Energiebilanz 2012 [AfS BB 2015] auf den Zielwert von 58 PJ skaliert, dann werden mit Annahmen zu Strom- und Wärmeerzeugung (Wirkungsgrade, Anteile Strom und Wärme⁴) die Wärmemengen ermittelt, die in den jeweiligen Sektoren mit Biomasse gedeckt werden.

Der übrige Wärmebedarf wird durch Fernwärme und fossile Heizungssysteme gedeckt. Dafür werden die Anteile aus der Energiebilanz 2012 angesetzt. Kohleheizungen werden aber durch 25% Öl- und 75% Gasbrennwertkessel⁵ ersetzt.

Da keine Zeitreihen für Strom- oder Wärmeverbräuche vorliegen, werden Standardlastgänge und einfache Stufenlastgänge für die Industrie auf die jeweiligen Verbräuche skaliert.

Für Berlin werden die Verbrauchsdaten der Energiebilanz 2030 aus dem Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (Anhang B) [BEKB 2015] übernommen.

Kraftwerkskapazitäten

Die in der ES 2030 aufgeführten Kraftwerkskapazitäten werden weitgehend übernommen. Windkraft und Photovoltaik werden entsprechend den Flächenverhältnissen der Planungsregionen aufgeteilt. Für die Erzeugungszeitreihen von Windkraft und Photovoltaik in den einzelnen Regionen werden die aktuellen Anlagendaten und Standorte aus der

⁴ Im Kraftwerksbereich wird aufgrund der Angaben aus der Energiebilanz auf eine Verwendung von 78% der Biomasse in Wärme- und KWK-Anlagen geschlossen (22% reine Stromerzeugung). In anderen Bereichen wird von einer reinen Verwertung in KWK oder Wärmeerzeugungsanlagen ausgegangen. Angenommene Wirkungsgrade: 38%_{el} / 49%_{th}

⁵ Es wird angenommen, dass ein Gasbrennwertkessel die wirtschaftlichste Alternative ist, aber bei ca. 25 % der betroffenen Heizungsanlagen kein Anschluss an das Gasnetz zur Verfügung steht.

energymap⁶ und Wetterdaten von 2010 verwendet. Die Zeitreihen werden dann mit den neuen Leistungen skaliert.

Bei den Braunkohlekraftwerken Jänschwalde und Schwarze Pumpe werden aktuelle Entwicklungen entgegen der ES 2030 berücksichtigt. Dies betrifft die beschlossene Abschaltung von 2 Blöcken je 500 MW in Jänschwalde sowie das Scheitern von CCS im politischen Dialog.

Zusätzlich zu den Braunkohle- und Gaskapazitäten, die in der ES 2030 aufgeführt werden, werden die bestehenden fossilen Kraftwerke analog der Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur (BNetzA) berücksichtigt. Bei diesen Kraftwerken werden Gas, Gas GUD, Biomasse, und Öl unterschieden, alle anderen werden wie Öl behandelt. Die Gaskapazitäten Brandenburgs werden entsprechend der ES 2030 in dem entsprechenden Szenario auf insgesamt 1500 MW aufgestockt.

Die Kraftwerkskapazitäten in Berlin werden anhand der Verbräuche aus der Energiebilanz 2030 des BEK [BEKB 2015] mit angenommenen Volllaststunden berechnet. Die Energiemengen werden dann analog der Verbräuche begrenzt.

Verkehr

Laut ES 2030 soll der Anteil EE im Verkehr auf 8 % steigen. Der Anteil alternativer Kraftstoffe und Antriebe soll auf 18 % steigen. Der biogene Anteil soll insgesamt 8 % ausmachen. Die übrigen 10 % Verkehrsenergie, die durch „alternative Kraftstoffe und Antriebe“ gedeckt werden sollen, werden in der Simulation als Elektromobilität mit einem entsprechenden Stromlastgang abgebildet. Die Aufteilung auf die Planungsregionen erfolgt anhand aktueller Zulassungszahlen⁷.

Die Minderung der CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich durch den Anteil von 18 % alternativer Kraftstoffe wird vor der Simulation berechnet und vom Zielwert abgezogen. Laut dem Monitoringbericht zur Energiestrategie wurden im Kraftstoffbereich in Brandenburg in den letzten Jahren im Mittel etwa 5,5 Mio. t. CO₂ pro Jahr emittiert. Es wird vereinfacht davon ausgegangen, dass durch 18 % alternative Antriebe auch 18 % Emissionen im Verkehrsbereich eingespart werden, das entspricht etwa 1 Mio. t CO₂. Der Verkehrsbereich würde demnach 2030 ca. 4,5 Mio. t CO₂ emittieren, die vom Zielwert abgezogen werden. Die restlichen energiebedingten Emissionen dürfen sich dann noch auf 20,5 Mio. t CO₂ summieren. Darin enthalten sind dann auch die strombedingten Emissionen der Elektromobilität.

Werte für das Basisszenario „ES2030“

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die aus der Energiestrategie 2030 der Brandenburger Landesregierung abgeleiteten Annahmen für das Basisisszenario. Die Wirkungsgrade der Braunkohlekraftwerke werden nicht so hoch angesetzt wie in der Energiestrategie, da nicht von einer Ertüchtigung der Kraftwerke ausgegangen wird.

⁶ <http://www.energymap.info/> Stand 2015

⁷ Quelle: Statistische Bundesamt (www.destatis.de), Tabelle „Kraftfahrzeugbestand: Kreise, Stichtag, Kraftfahrzeugarten“; Zeitraum 2001 – 2015

Tabelle 1: Werte für Szenario ES2030

	Vorgaben für Szenario ES2030	Angaben aus der Energiestrategie 2030 zum Vergleich
Wind	10,5 GW	82 PJ = 22778 GWh; (2169 VLH); 10,5 GW
PV	3,5 GW	ES: 12 PJ = 3333 GWh; (952 VLH); 3,5 GW
Solarthermie	9 PJ = 2500 GWh	9 PJ = 2500 GWh
Biomasse	max. 58 PJ, Kapazitäten analog status Quo (inkl. ca. 20 PJ Import)	58 PJ = 16111 GWh (ca. 20 PJ Import)
BHKW	BAFA < 1MW: 30 MW, größtenteils Gas (wärmegeführt) LuisBB > 1 MW Bio: 416 MW (stromgeführt, davon 30% am Fernwärmenetz, bei 70% verpufft die Wärme)	
Sonstige EE	9 PJ = 2500 GWh (Wärmepumpen)	9 PJ = 2500 GWh
Braunkohle	<u>Jänschwalde</u> : 1700 MW (unter Berücksichtigung der geplanten Abschaltung von 2 Blöcken a 500 MW) ohne CCS el. Wirkungsgrad: 35 % Flexible Erzeugung <u>Schwarze Pumpe</u> : 1500 MW (kein CCS) el. Wirkungsgrad: 39 % Flexible Erzeugung	Jänschwalde: 2000 MW mit CCS Abscheiderate: 92 % (Prognos S. 40) el. Wirkungsgrad: 42 % („Nettowirkungsgrad“ aus Datenblatt 4) 7133 Volllaststunden Flexible Erzeugung Scharze Pumpe: 1500 MW el. Wirkungsgrad: 40 % (aus Datenblatt 4), 5265 Volllaststunden Flexible Erzeugung
Steinkohle, Öl, Gas	Gas: 1500 MW Sonstige: aus BNetzA Kraftwerksliste	Gas: 1500 MW, 58 % Wirkungsgrad, 2150 Volllaststunden (Datenblatt 4)
Dezentrale Wärmeversorgung	Solarthermie, Wärmepumpen, Gas, Biomasse, Kohle, Öl (jeweils anteilig analog Energiebilanz 2012)	Keine Angaben
Energieeinsparung Strom	- 9 % ggü. 2007 (Endenergie)	- 9 % ggü. 2007 (Endenergie)
Energieeinsparung Wärme	- 34 % ggü. 2007 (Endenergie) (Effektivitätssteigerungen am deutlichsten in der Industrie; HH/GHD: 20 % Verbrauchsminderung)	- 34 % ggü. 2007 (Endenergie) (Effektivitätssteigerungen am deutlichsten in der Industrie; HH/GHD: 20 % Verbrauchsminderung)
Energieeinsparung Mobilität	keine	keine
Energieeinsparung gesamt	- 23 % ggü. 2007 (Endenergie)	- 23 % ggü. 2007 auf 220 PJ (Endenergie)
Emissionsminderungen	- 72 % ggü. 1990 (auf 25 Mio t) (entspricht 58,5 % ggü. 2007)	- 72 % ggü. 1990 (auf 25 Mio t) (entspricht 58,5 % ggü. 2007)
Anteil EE Elektro	ergibt sich aus Simulation	100 % bilanziell
Anteil EE Wärme	ergibt sich aus Simulation	39 %
Anteil EE Mobilität		8 % (Anteil alternativer Antriebe und Kraftstoffe steigt auf 18 %, davon 45 % Biomasse)
Export	Strom: 152 PJ = 42000 GWh	Strom: 152 PJ = 42000 GWh, davon ca. 60 PJ = 16667 GWh EE (S.39)
Anteil EE an		32 % (170 PJ) (PEV) / 40 % (88 PJ) (EEV,

PEV/EEV		unter Berücksichtigung von ca. 60 PJ Stromexport)
Soziale Entwicklung	Annahmen der ES 2030 spiegeln sich in reduzierter Last wieder	Bevölkerungsrückgang

Die Änderungen gegenüber dem Basisszenario, die für die weiteren Szenarien der Untersuchungen angenommen wurden, betreffen die Energieeinsparungen, den Stromexport sowie die installierten Leistungen der konventionellen Kraftwerke. Die Details sind in der Studie [RLI 2016] dokumentiert.

Quellen

- [AfS BB 2015]: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg: Statistischer Bericht E IV 4 – j / 12; Energie- und CO₂-Bilanz im Land Brandenburg 2012; 2015
- [BEKB 2015]: Hirschl, Reusswig, Weiß et.al: Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK) – technischer Anhang B; Dezember 2015; im Auftrag des Landes Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/bek_berlin/
- [Geyer 2013]: Geyer, Rockel: coastDat-2 COSMO-CLM Atmospheric Reconstruction; doi:10.1594/WDCC/coastDat-2_COSMO-CLM; 2013
- [MWE 2012]: Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheiten des Landes Brandenburg: Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg; Februar 2012
- [MWE 2016]: Ministerium für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg: 6. Monitoringbericht zur Energiestrategie des Landes Brandenburg; Berichtsjahr 2014 , März 2016
- [RLI 2012]: Twele, Müller, Möller et.al.: Szenarioberechnung einer Strom- und Wärmeversorgung der Region Brandenburg-Berlin auf Basis Erneuerbarer Energien; 2012
- [RLI 2013]: Breyer, Müller, Möller et.al.: Vergleich und Optimierung von zentral und dezentral orientierten Ausbaupfaden zu einer Stromversorgung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland; 2013
- [RLI 2016]: Gaudchau, Müller, Twele et.al.: Untersuchungen zur Energiestrategie Brandenburgs, 2016